

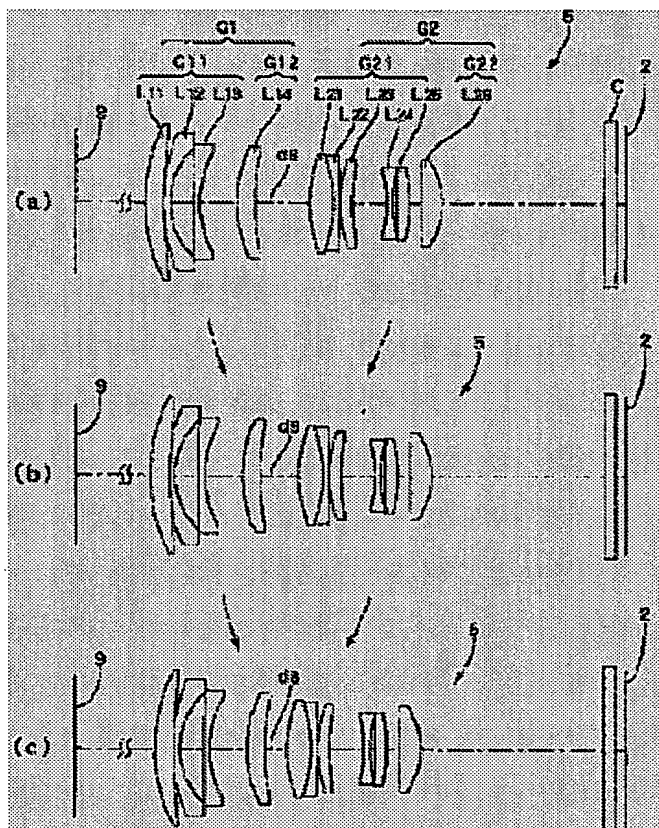
ZOOM LENS FOR PROJECTION AND PROJECTOR DEVICE

Patent number: JP2002148515
Publication date: 2002-05-22
Inventor: YOSHIDA MASAFUMI
Applicant: NITTO OPTICAL
Classification:
 - international: G02B15/16; G02B13/18; G03B21/00
 - european:
Application number: JP20000344212 20001110
Priority number(s): JP20000344212 20001110

Report a data error here

Abstract of JP2002148515

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a zoom lens for projection suitable for an optical modulator equipped with plural elements forming an image by changing the reflecting direction of light such as a DMD. **SOLUTION:** A 1st negative lens group G1 and a 2nd positive lens group G2 are arranged from the side of a screen 9, and the outside diameter DI of a final lens L26 on the nearest side to the DMD 2 and the back focus (fbw) of the zoom lens for projection on a wide-angle end satisfy a following expression (A): $0.4 < DI/fbw < 0.55$. Furthermore, the 2nd lens group G2 is composed of a positive front group G21 and a rear group G22 equipped with the positive lens L26 having a larger diameter than the final lens L25 of the front group, and one surface of the final lens L25 of the front group G21 is made aspherical. Thus, the off-center of an aspherical lens is prevented in advance and the bright and compact zoom lens for projection is provided.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-148515

(P2002-148515A)

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002. 5. 22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 2 B 15/16

C 0 2 B 15/16

2 H 0 8 7

13/18

13/18

G 0 3 B 21/00

C 0 3 B 21/00

F

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-344212(P2000-344212)

(22) 出願日 平成12年11月10日 (2000. 11. 10)

(71) 出願人 00022/364

日東光学株式会社

長野県諏訪市大字湖南4529番地

(72) 発明者 吉田 政史

長野県諏訪市大字湖南4529番地 日東光学
株式会社内

(74) 代理人 100102934

弁理士 今井 彰

Fターム (参考) 2H087 KA06 PA09 PA18 PB10 QA02

QA07 QA12 QA22 QA26 QA34

QA41 QA46 RA05 RA13 SA07

SA09 SA62 SA63 SB05 SB17

(54) 【発明の名称】 投写用ズームレンズおよびプロジェクタ装置

(57) 【要約】

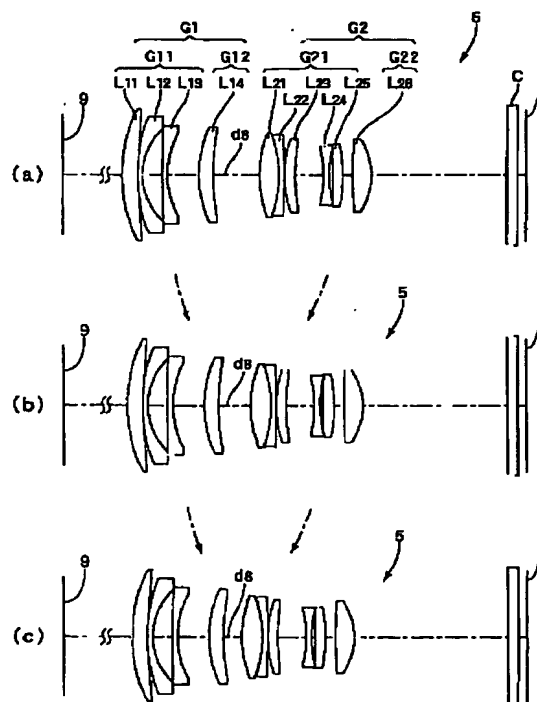
【課題】 DMDなどの、光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器に適した投写用ズームレンズを提供する。

【解決手段】 スクリーン9の側から、負の第1のレンズ群G1と、正の第2のレンズ群G2を配置し、最もDMD2の側の最終レンズL26の外径D Iと、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカスf b wが次の式(A)を満たすようにする。

$$0.4 < DI / f_{bw} < 0.55 \quad \dots$$

(A)

さらに、第2のレンズ群G2を、正の前群G21と、この前群の最終レンズL25よりも径の大きな正のレンズL26を具備する後群G22とで構成し、前群G21の最終レンズL25の1面を非球面とする。これにより、非球面レンズの芯ずれを未然に防止し、明るくコンパクトな投写用ズームレンズを提供できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器の映像をスクリーンに投写する投写用ズームレンズであって、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群とを有し、この第2のレンズ群は、正の屈折力の前群と、この前群の前記光変調器の側の最終レンズよりも径の大きな正のレンズを具備する後群とを備えており、前記前群の最終レンズまたはその近傍のレンズの少なくとも1面が非球面であり、

さらに、前記後群の前記光変調器の側の最終レンズの径DIと、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカスfbwが次の式を満たす投写用ズームレンズ、

$$0.4 < DI/fbw < 0.55$$

【請求項2】 請求項1において、前記第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、前記第2のレンズ群の合成焦点距離f2が次の式を満たす投写用ズームレンズ、

$$0.8 < |f2/f1| < 1.1$$

【請求項3】 請求項1において、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカスfbwと、該投写用ズームレンズの広角端における全長Lwが次の式を満たす投写用ズームレンズ、

$$1.6 < Lw/fbw < 2.3$$

【請求項4】 請求項1に記載の投写用ズームレンズと、前記光変調器と、この光変調器に光を照射する光照射系とを有するプロジェクタ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ライトバルブに表示された像をスクリーンに拡大投影するプロジェクタ装置の投写用ズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、プロジェクタのライトバルブとして液晶パネルが多く用いられてきた。近年、液晶パネルに代わり、マイクロマシン技術を用いて機械的に光の反射方向を変えて画像を形成する複数の素子を備えた装置が実用化されている。微少な鏡面素子（マイクロミラー）を画素に対応させてアレイ状に並べ、それぞれの鏡面の角度を制御することにより画像を表示するDMD（デジタルミラーデバイス、箔変形デバイスあるいはディスプレイ）はその1つである。このマイクロミラーで画素を構成する光変調器は、液晶パネルより応答速度が速く、明るい画像が得られるので、小型で高輝度、高画質のプロジェクタを実現するのに適している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 DMDにおいて、画像を生成する際にマイクロミラーの旋回する角度は±10度程度であり、これにより有効な反射光と無効な反射光

を切替えている。したがって、DMDをライトバルブとしたプロジェクタにおいては有効な反射光（有効光）を捉える（飲み込む）と共に無効な反射光（無効光）は捉えない（飲み込まない）プロジェクタレンズが必要となる。さらに、イメージサークルを小さくするには、プロジェクタレンズはDMDの法線方向に設置することが望ましい。したがって、DMDに投映用の光を入力する光源の配置はかぎられてしまい、上記のようにDMDから有効光をプロジェクタレンズに入力するには、光源をプロジェクタレンズとほぼ同じ方向に設置する必要がある。

【0004】このような条件より、DMDを採用したプロジェクタ装置の投写用レンズには、ライトバルブ側のレンズ径が小さく、バックフォーカスの長いものが必要となる。一般にバックフォーカスの長いレンズ系では後方のレンズ径が大きくなってしまふ。しかしながら、後方のレンズ径が限られているので、投写レンズの最終レンズの付近に射出瞳位置がくるように設計する必要がある。その一方で、投写レンズの性能を向上するためには多数のレンズを組み合わせる必要があり、多数枚のレンズを配置すると投写レンズの全長はある程度の長さが必要となる。そして、投写レンズの全長が長くなれば、射出瞳が後方にあるレンズ系では前方のレンズ径が大きくなってしまふ。

【0005】DMDを採用したプロジェクタ装置は、小型および薄型化が要求されており、プロジェクタレンズにおいても、全体がコンパクトでレンズ径も小さなものが要望されている。もちろん、投写レンズとして、諸収差の性能が十分に良いものが要求されている。さらに、DMDに対応した上記のような条件を満たす投写レンズでズームの可能な投写レンズも要求されている。このため、投写レンズシステムのライトバルブ側の最終レンズに非球面を導入して投写レンズを構成するレンズ枚数を削減してコンパクトな投写レンズにすることが検討されている。また、最終レンズは射出瞳の近傍で最もレンズ径が小さくなるために非球面にするコストも低くて済む。

【0006】しかしながら、非球面が形成されたレンズは偏芯感度が高く、そのレンズを最終レンズとすると、投写レンズをプロジェクタに組み込む際などに位置ずれが発生し易い。このため、そのような投写レンズは搬送、組立てなどにおいてハンドリングする際に特別な注意が必要であり、取り扱いや耐久性などを考慮すると、異なる方法で、コンパクトでありながら、諸収差も良好に補正された投写レンズが望ましい。一方、最終レンズ以外のレンズを非球面にするとDMD用の投写レンズでは、レンズ径が大きくなるのでコストアップになる。

【0007】さらに、プロジェクタに用いられる投写用ズームレンズには、常に、コンパクトで明るい画像を投

写できるように光学特性を向上することは要望されている。

【0008】そこで、本発明においては、DMDなどの光の反射方向を変えて画像を生成する素子を備えた光変調器を採用したプロジェクタ装置用に適した投写用ズームレンズであって、取り扱いが容易で精度が高く、さらに、明るくコンパクトな投写用レンズあるいはレンズシステムを提供することを目的としている。また、DMDに適した結像性能の高い投写用ズームレンズを実現し、このタイプの光変調器を採用したコンパクトで明るく綺麗な画像を表示できるプロジェクタ装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の、光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器の映像をスクリーンの投写する投写用ズームレンズ（投写用ズームレンズシステム）は、光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器の映像をスクリーンに投写する投写用ズームレンズであって、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群とを有し、この第2のレンズ群は、正の屈折力の前群と、この前群の光変調器の側の最終レンズよりも径の大きな正のレンズを具備する後群とを備えており、第2のレンズ群の最終レンズ、すなわち、後群の光変調器の側の最終レンズの径 $D1$ と、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカス f_{bw} が次の式を満たす投写用ズームレンズであって、さらに、前群の最終レンズまたはその近傍のレンズの少なくとも1面を非球面にしている。

【0010】

$$0.4 < D1/f_{bw} < 0.55 \cdots (A)$$

本発明の投写用ズームレンズは、バックフォーカスを長くするのに有利なレトロフォーカスタイプのズームレンズであり、バックフォーカス f_{bw} と最終レンズ径 $D1$ の関係を示す式(A)の条件を加えることによりDMDなどの光の反射方向を変えて画像を形成する光変調器に適した投写レンズとなっている。

【0011】そして、このような光変調器用の投写用ズームレンズでは、最終レンズの近傍に出射瞳の位置が設定されるのに対し、本発明においては、若干スクリーン側にずれた、レンズシステムの内側の位置に出射瞳を設定し、第2のレンズ群の最終レンズではなく、第2のレンズ群を前群と後群とに分けたときに前群の最終レンズの近傍に出射瞳が位置するようにしている。このため、本発明の投写用ズームレンズでは、第2のレンズ群が、正の屈折力の前群と、この前群の光変調器の側の最終レンズよりも径の大きな正のレンズを具備する後群とを備えており、前群の最終レンズまたはその近傍のレンズが最も小径のレンズとなる。したがって、前群の最終レンズまたはその近傍のレンズの少なくとも1面を非球面に

することにより、最も低コストで非球面をレンズシステムに導入することが可能となる。そして、投写レンズを構成するレンズの枚数を低減して全長を短くすると共に、スクリーン側のレンズが大きくなることを防止することができる。

【0012】さらに、この投写用ズームレンズでは、非球面化されていない後群のレンズが該投写用ズームレンズの最終レンズとなり、非球面化された偏芯感度の高いレンズは投写用ズームレンズの内部に位置することになる。したがって、輸送や保管、さらには、プロジェクタを組み立てる際の投写用ズームレンズの取り扱いが簡単になり、本発明の投写用ズームレンズと、DMDなどの光変調器と、この光変調器に光を照射する光照射系とを有するプロジェクタ装置により、コンパクトで、より光学的な性質が安定したプロジェクタ装置を提供できる。

【0013】さらに、本発明の投写用ズームレンズは、正のパワーの後群が設けられるので、光変調器に面した最終レンズのレンズ径を大きくでき、最終レンズ付近に出射瞳がある投写用レンズに比べてさらに明るくF値の小さな投写用ズームレンズを提供することができる。そして、正のパワーの後群を設けることにより第2のレンズ群のパワーが後群にも配分できるので、収差補正がさらに良好でコンパクトな投写用ズームレンズを提供することができる。したがって、本発明の投写用ズームレンズを採用することにより、DMDの特性を生かした高解像度で明るい画像を投写できるコンパクトなプロジェクタ装置を提供できる。

【0014】本発明の投写用ズームレンズにおいては、式(A)の上限を超えると、最終レンズの径が大きくなって光変調器の無効光を飲み込んでしまうことになりDMD用レンズに適さなくなる。一方、式(A)の下限を超えると、バックフォーカス f_{bw} を長くなりすぎのためにレンズ長も大きくなりコンパクトな投写レンズを実現できない。あるいは、最終のレンズ径が小さくなりすぎると、Fナンバーの大きな暗いレンズとなってしまう、Fナンバーの小さな明るい投写レンズを提供できない。

【0015】さらに、本発明の投写用ズームレンズにおいて、コンパクトで結像性能のより良い投写用ズームレンズを提供するためには、まず、第1のレンズ群の合成焦点距離 f_1 と、第2のレンズ群の合成焦点距離 f_2 が次の式を満たすことが望ましい。

【0016】

$$0.8 < |f_2/f_1| < 1.1 \cdots (B)$$

この式(B)の範囲を超えるとコマ収差が増大してしまい、特に、下限を超えると、広角端におけるコマ収差が増大し、その影響であるコマフレアが現れてしまう。また、式(B)の上限を超えると、望遠端におけるコマ収差が増大し、また、倍率色収差も大きくなる。

【0017】また、投写用ズームレンズの広角端におけ

るバックフォーカス f_{bw} と、投写用ズームレンズの広角端における全長 L_w が次の式を満たすことが望ましい。

【0018】

$1.6 < L_w / f_{bw} < 2.3 \cdots (C)$
 上限を超えるとレンズ長が長くなりすぎて、コンパクトなプロジェクタに適さないものになり、また、レンズの明るさにも問題が生ずる。また、下限を超えるとコマ収差の補正が困難になる。

【0019】

【発明の実施の形態】図1に、本発明に係るDMDをライトバルブとして採用したプロジェクタの概略構成を示してある。このプロジェクタ1は、光変調器であるDMD2と、このDMDに投写用の光を照射するシステム3と、DMD2により反射された有効光をスクリーン9に投写する投写用レンズ5とを備えている。図1に示したプロジェクタ1は、単板式のビデオプロジェクタであり、光照射システム3は、ハロゲンランプなどの白色光源6と、円盤型の回転色分割フィルタ7とを備えている。このため、DMD2には、赤、緑、青の3原色が時分割で照射される。そして、それぞれの色の光が照射されるタイミングで個々の画素に対応する素子を制御することによりカラー画像が表示される。

【0020】光照射システム3は、さらに、種々のプロジェクタの配置あるいは構成に対応して、光源6の光を集光あるいは平行光にするためのコンデンサレンズ8あるいはミラー4などの光学素子が必要に応じて配置される。DMD2の法線と投写レンズ5の光軸とが一致しているとイメージサークルが小さくなり、投写レンズの径を小さくできる、それと共に、有効光および無効光の分離が容易となることは上述した通りである。したがって、光照射システム3からDMD2に対する入射角度はかぎられており、光照射システム3の光軸と、投写レンズ5の光軸とがほとんど同一方向になる。このため、光照射システム3の影響を受けないようにするには投写レンズ5のバックフォーカスはある程度長くする必要がある。また、投写レンズ5のDMD2の側に位置する最終レンズの径は十分に小さくする必要がある。

【0021】図2に、本発明に係る投写用ズームレンズ5の一例を示してある。図2(a)は、拡大表示する状態である広角端における各レンズの配置を示し、図2(c)は、標準状態である望遠端における各レンズの配置を示し、さらに、図2(b)は、それらの中間の状態を示してある。本例の投写用ズームレンズ5は、スクリーン9の側から2つのレンズ群G1およびG2にグループ化された10枚のレンズL11～L26により構成されている。それぞれのレンズの詳細なデータは以下に示

レンズデータ (No. 1)

i	ri	di	ni	vi
1:	48.111	4.35	1.80450	39.6

した通りである。

【0022】まず、スクリーン側の第1のレンズ群G1は全体が負の屈折力を備えたレンズ群であり、さらに、スクリーン側に位置する負のパワー（屈折力）の前群G11と、この前群G11から距離をおいて、投写用ズームレンズ5のほぼ中央に位置する正のパワーの後群G12とで構成されている。前群G11は、最もスクリーン側（前方）に位置するスクリーン9の側に凸の正のメニスカスレンズL11と、スクリーン9の側に凸の負のメニスカスレンズL12と、同じくスクリーン9の側に凸の負のメニスカスレンズL13によって構成されている。また、後群G12は、スクリーン9の側に凸の正のメニスカスレンズL14の一枚構成となっている。

【0023】DMD2の側に位置する第2のレンズ群G2は、全体が正の屈折力を備えたレンズ群であり、さらに、スクリーン側に位置する正のパワー（屈折力）の前群G21と、この前群G21の後方、すなわち、DMD2の側に配置された正のパワーの後群G22とで構成されている。前群G21は、スクリーン9の側から、ダブルレットをなす両凸の正レンズL21および両凹の負レンズL22と、スクリーン9の側に凸の負のメニスカスレンズL23と、両凹の負レンズL24と、DMD2の側に凸の正レンズL25が順番に並んで構成されている。前群G21の最もDMD2の側のレンズ（前群G2の最終レンズ）L25のDMD2の側の面s17は非球面になっている。また、後群G22は、両凸の正レンズL26の一枚構成となっている。

【0024】そして、本例の投写ズームレンズ（レンズシステム）5は、第2のレンズ群G2と第1のレンズ群G1と距離d8は調整できるようになっており、第1のレンズ群G1および第2のレンズ群G2の双方を動かして距離d8を縮めることにより広角から望遠にわたる結像特性を得ることができる。

【0025】以下に示すレンズデータにおいて、 r_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズの曲率半径（mm）、 d_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズ面の間の距離（mm）、 n_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズの屈折率（d線）、 v_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズのアッベ数（d線）を示す。また、 f は投写レンズの合成焦点距離、 f_b はバックフォーカス（ f_{bw} は広角端を示す）、 FNo はFナンバー、 f_1 は第1のレンズ群G1の合成焦点距離、 f_2 は第2のレンズ群G2の合成焦点距離、 L_w は投写レンズ5の広角端における全長、 D_i は最終レンズL26のレンズ径を示す。また、INFINITYは水平な面を示しており、本例では、DMD2の出射側に設置されたカバーガラスCも含めてレンズの詳細設計がなされている。

2:	125.474	0.20			
3:	52.441	1.50	1.83500	43.0	レンズL12
4:	20.353	5.72			
5:	427.946	1.50	1.83500	43.0	レンズL13
6:	28.067	9.36			
7:	37.204	4.25	1.80518	25.5	レンズL14
8:	76.237	d8			
9:	38.867	5.80	1.83500	43.0	レンズL21
10:	-38.867	1.50	1.72825	28.3	レンズL22
11:	-719.488	0.20			
12:	40.506	2.90	1.70200	40.2	レンズL23
13:	67.668	8.37			
14:	-29.923	1.50	1.74077	27.8	レンズL24
15:	43.588	0.93			
16:	INFINITY	3.00	1.58313	59.5	レンズL25
17:	-37.650	2.79			非球面
18:	193.593	5.45	1.48749	70.4	レンズL26
19:	-20.451				
20:	INFINITY	3.00	1.48749	70.4	カバーガラスC
21:	INFINITY				

ズーム状態	f	d8	Bf	FNo.
広角端	28.6	13.29	42.40	2.4
中間	31.15	9.33	44.80	2.55
望遠端	34.2	5.37	47.70	2.7

なお、レンズ間隔d8は、レンズ先端から3mの位置に結像したときの数値を示してある。

$$K=0.0000$$

$$A=0.189253 \times 10^{-4}$$

$$C=-0.169281 \times 10^{-8}$$

ただし、非球面式は次の通りである。

$$【0027】x = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y^2/r^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10}$$

本例の投写ズームレンズの諸数値(mm)は以下の通りである。

$$f1 = -38.922, \quad f2 = 35.882$$

$$fbw = 42.40$$

$$Lw = 72.61$$

$$DI = 20.3$$

したがって、上記の式(A)～(C)に定義したパラメータは以下のようになる。

$$\text{式(A)} \quad DI/fbw = 0.48$$

$$\text{式(B)} \quad |f2/f1| = 0.922$$

$$\text{式(C)} \quad Lw/fbw = 1.71$$

【0028】本例の投写用ズームレンズ5は、負のパワーの第1のレンズ群G1と、正のパワーの第2のレンズ群が組み合わされたレトロフォーカス型のズームレンズであり、バックフォーカスを長くしやすい構成である。このため、広角端で40mm以上という十分なバックフォーカスが確保されている。そして、DMD2からの無

【0026】また、レンズL25の面s17は非球面でありその非球面係数は以下の通りである。

$$B=0.177100 \times 10^{-6}$$

$$D=0.798797 \times 10^{-11}$$

効光を飲み込まないために最終レンズの径DIは20mm程度と十分に小さくなっている。すなわち、この投写用ズームレンズ5は、式(A)に定義した条件を満たすものであり、バックフォーカスfbwに対して最終レンズ径DIが十分に小さな投写ズームレンズとなっている。このような投写レンズは、全長が長くなると前方のレンズ径が比較的大きくなりやすい。しかしながら、本例のレンズは、第2のレンズ群G2の前群G21の最終レンズL25に非球面を採用し、全体が10枚構成で後述するように良好な収差性能を得ている。このため、以下に説明するように、本例の投写用ズームレンズ5は、Fナンバーが小さく明るいのに加えてコンパクトであり、全長が広角端で72mm程度と非常に短く、前方のレンズL11のレンズ径も40mm程度に抑えられている収差補正の難しいレンズシステムであるにも関わらず、10枚構成と非球面を採用することにより、全体にわたり収差補正が良好に行われた結像性能の良い投写レンズとなっている。

【0029】さらに、本例の投写用ズームレンズ5は、コンパクトでありながら、倍率1.2のズームが可能であり、焦点距離が28.6から34.2mmと短い。そ

して、出射瞳を第2のレンズ群G2の前群G21の最終レンズL25の付近に設定しているため、後群G22を設けて最もDMD側のズームレンズ5の最終レンズL26の径を出射瞳のレンズL25より大きくすることができ、したがって、Fナンバーを小さくすることができ、本例ではFナンバーが2.4から2.7と非常にコンパクトで明るい投写ズームレンズとなっている。DMD2からの無効光を飲み込まないように設計される本例のような投写レンズにおいては、最もDMD2の側に出射瞳の位置を設定して、レンズシステムの最終レンズの径が最も小さくなるようにデザインされることが多い。これに対し、本例の投写ズームレンズ5においては、出射瞳の位置を最終レンズの位置にしないでレンズシステム5の内部に配置し、出射瞳のDMD側にさらにレンズを配置することにより、DMD2からの無効光を飲み込まないようにしながらDMD2の側のレンズ径を大きくして非常に明るい投写ズームレンズ5を得ている。また、出射瞳のDMD側にさらに正レンズを設置することにより10枚構成となっているが、レンズの全体長は非常に短くなっており、コンパクトで明るい投写ズームレンズを提供することができる。

【0030】さらに、本例の投写用ズームレンズ5では、第2のレンズ群G2に後群G22を設けて非球面のレンズL25を後群G22のレンズL26でカバーするようなレンズ配置となっている。したがって、非球面レンズL25は、レンズカバーあるいはレンズケース内に完全に収まり、保管、搬送さらにはプロジェクトに組み立てられる際に衝撃などによって位置がずれる可能性が小さく耐久性が優れている。すなわち、非球面レンズは偏芯感度が大きく、微小な位置のずれが収差性能に及ぼす影響が大きく最終レンズを非球面化すると取り扱いを慎重にする必要があるのに対し、本例の投写用ズームレンズ5は、非球面レンズが最終レンズではなく、安定したレンズシステムの内部に配置されるため、レンズ取付けなどの際に位置ずれ（芯ずれ）などが発生する可能性が非常に小さい。したがって、本例の投写用ズームレンズ5を採用することにより、取り扱いが簡単で耐久性が高く、光学性能の良いプロジェクト1を提供することができる。

【0031】さらに、本例の投写用ズームレンズ5は、先に説明した式(B)および式(C)の条件も満足するように設計されている。加えて、第1のレンズ群G1を前群G11と後群G12に分けて、後群G12のレンズL14を前群G11から距離を置いて配置して前群G11の収差を後群G12で緩和するようにしている。このため、10枚構成のレンズであるにもかかわらず収差性能も以下の各図に示すように投写用レンズとして非常に性能の良いものとなっている。

【0032】図3に、この投写用ズームレンズの広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)における球面収

差、非点収差および歪曲収差を示してある。さらに、図4ないし図6に広角端(図4)、望遠端(図6)および中間(図5)における球面収差(単位はmm)を横収差図により示してある。球面収差は、620.0nm(破線)、550.0nm(実線)および460.0nm(一点鎖線)の各波長における値を示している。また、非点収差および横収差図においては、タンジェンシャル光線(T)およびサジタル光線(S)の収差をそれぞれ示してある。

【0033】これらの図に示してあるように、本例の投写用ズームレンズ5の縦収差は、広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.4mm程度の範囲に入る。この収差性能は液晶パネルをライトバルブとして採用したプロジェクトのテレセントリックタイプで、10数枚構成の高性能なズームレンズと同等あるいはそれ以上であり、本例の投写用ズームレンズの収差性能が非常に優れていることが判る。また、横収差は広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.04mm程度の範囲に入る。したがって、横収差性能も非常に良く、コマ収差の影響によるフレア(コマフレア)がほとんど表れない性能の良い投写用ズームレンズとなっている。

【0034】このように、本例の投写用ズームレンズ5は、DMD2により形成された映像をスクリーンに投写する条件を満たしたコンパクトなズームレンズであり、さらに、FNoが2.5程度と非常に明るく、諸収差も良好に補正された結像性能の高い投写用ズームレンズである。したがって、本例の投写用ズームレンズ5を搭載することにより、DMD2の特性を生かした高解像度で明るい画像を投影できるコンパクトなプロジェクト1を実現することができる。また、本例のズームレンズは10枚構成とレンズ数が少なく、さらに、非球面化しているレンズは径の小さな出射瞳の近傍のレンズL25であり、低コストで供給できる。そして、正レンズL26が最終レンズとして配置されているため、非球面レンズが芯ずれするなどの恐れが少なくっており、プロジェクト1などに組み立てたときに所望の光学性能を引き出しやすく、低コストで光学性能の良いコンパクトなプロジェクト1を提供することができる投写ズームレンズとなっている。

【0035】

【発明の効果】このように、本発明は、DMDなどの光を反射して画像を形成する光変調器を用いたプロジェクトに適した、バックフォーカスが長く、最終レンズの径が十分に小さな投写用ズームレンズであり、さらに、出射瞳の位置を最終レンズから前方に若干移動することによって、非球面化するレンズの径を大きくせずに、最終レンズではなく投写用ズームレンズの内部のレンズを非球面にしてコンパクトで良好な収差性能を備えた投写用ズームレンズを提供している。したがって、本発明の投写用ズームレンズにおいては、非球面レンズの光変調器

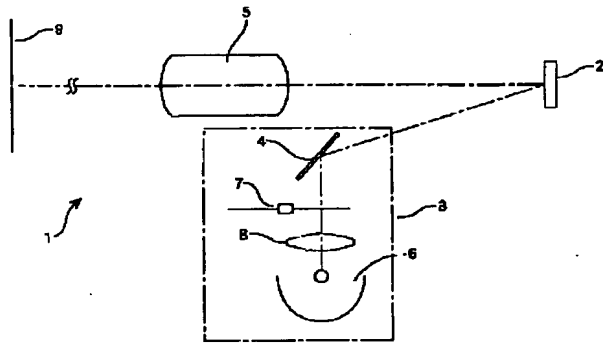
の側にさらに正レンズを配置しており、偏芯感度の高い非球面レンズをレンズケース内に配置することで非球面レンズが芯ずれを起こすことを未然に防止できる。このため、使い勝手が良く、組立てが容易で、さらに、耐久性も高い投写用ズームレンズを提供することができる。また、最終レンズとして非球面化した出射瞳の近傍のレンズよりも径の大きな正レンズを光変調器の側に配置できるので、Fナンバーの小さなコンパクトで耐久性が高く、さらに明るい投写用ズームレンズを提供できる。

【0036】さらに、本発明の投写用ズームレンズは、出射瞳近傍の最も径の小さなレンズの少なくとも1面を非球面にしているので、低コストで結像性能の高いズームレンズである。そして、式(B)および式(C)により本明細書で開示した条件を満たすことにより、収差がいっそう良好に補正され、焦点距離が短く広角なズームレンズであって、歪曲収差および倍率色収差が共に小さく、コマフレアも小さなズームレンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプロジェクタ装置の概略構成を示す図である。

【図1】



【図2】本発明の実施例に係る投写用ズームレンズの構成を示す図であり、広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)の各状態におけるレンズの配置を示す図である。

【図3】実施例のレンズの縦収差図であり、広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)の各状態の収差を示す図である。

【図4】実施例のレンズの横収差図であり、広角端における収差を示す図である。

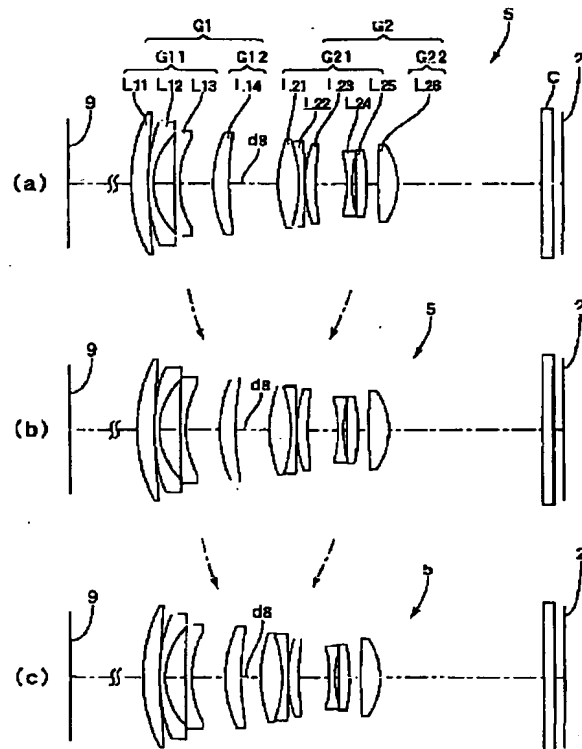
【図5】実施例のレンズの横収差図であり、中間における収差を示す図である。

【図6】実施例のレンズの横収差図であり、望遠端における収差を示す図である。

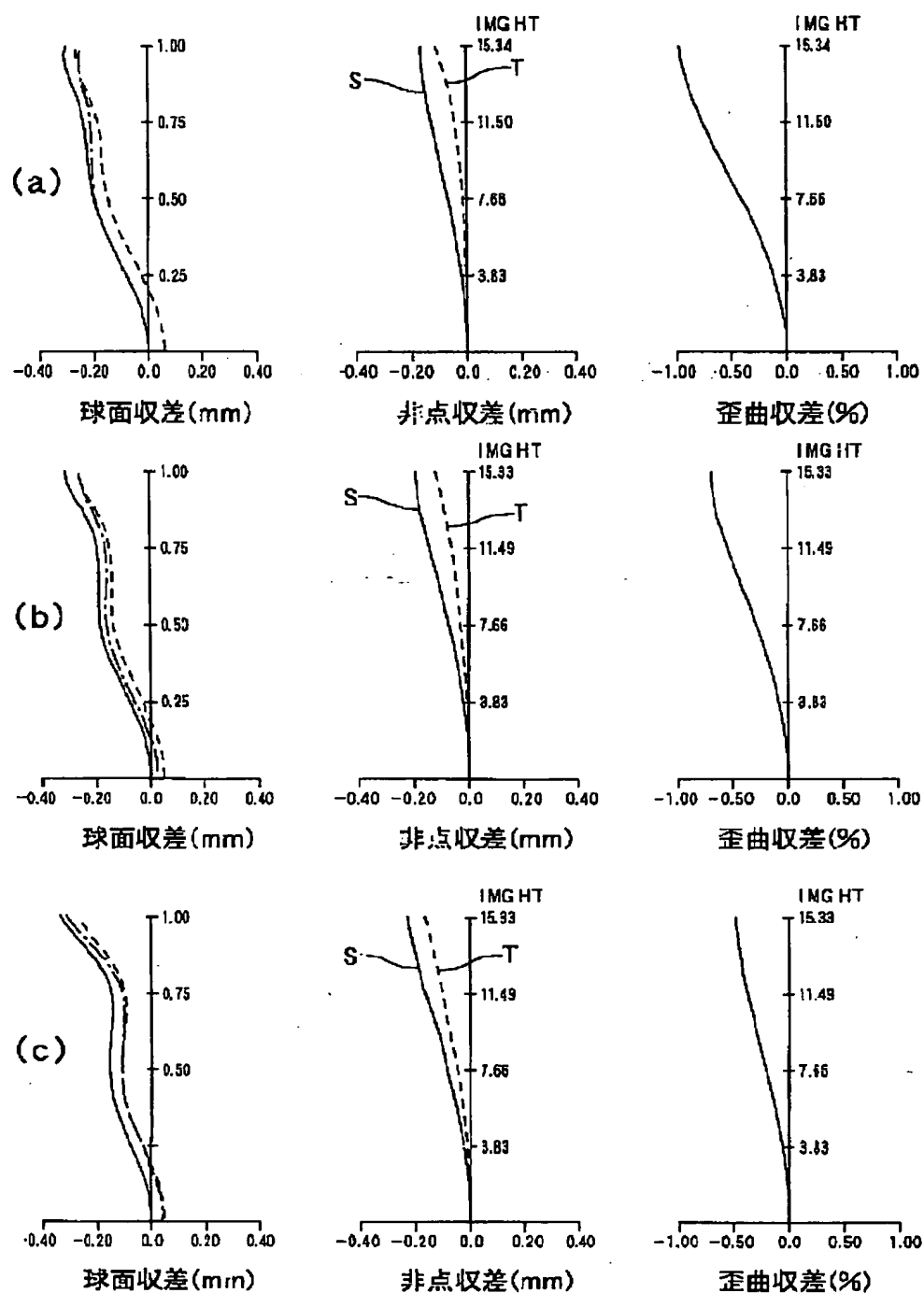
【符号の説明】

- 1 プロジェクタ
- 2 DMD
- 3 光照射システム(光源システム)
- 5 投写用ズームレンズシステム
- 7 色分割フィルタ
- 9 スクリーン

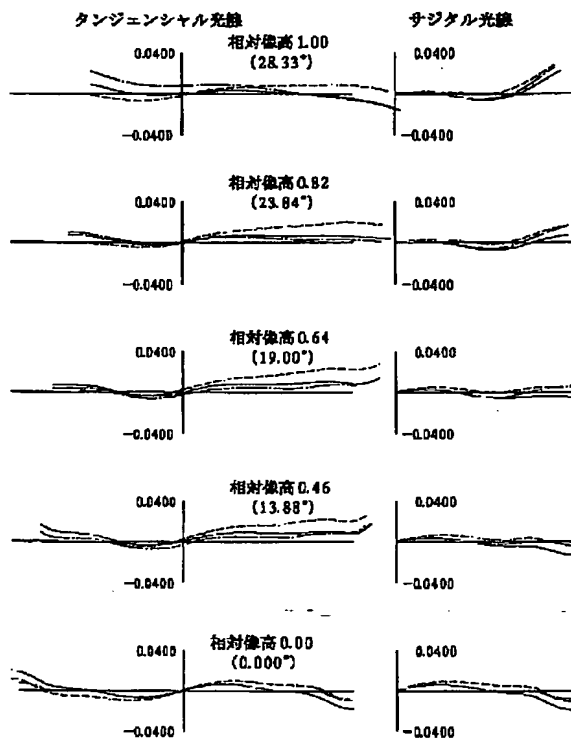
【図2】



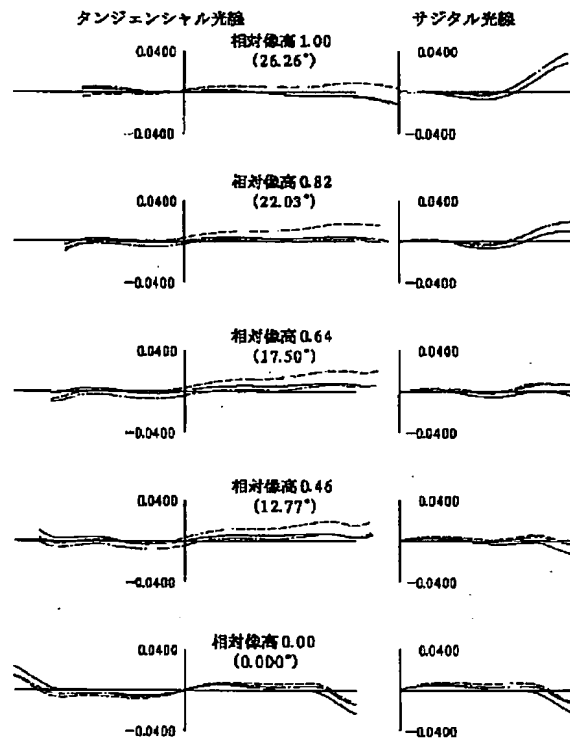
【图3】



【図4】



【図5】



【図6】

